

NON-CONTACT LINE-OF-SIGHT MEASUREMENT DEVICE

Publication number: JP10066678

Publication date: 1998-03-10

Inventor: YOSHIKAWA ATSUSHI; MASATANI YOSHINOBU;
TATE TAKASHI; MIZUNO SHIGETOMO

Applicant: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE; NATSUKU KK

Classification:

- international: **A61B3/113; G06F3/033; A61B3/113; G06F3/033;**
(IPC1-7): A61B3/113; G06F3/033

- european:

Application number: JP19960226456 19960828

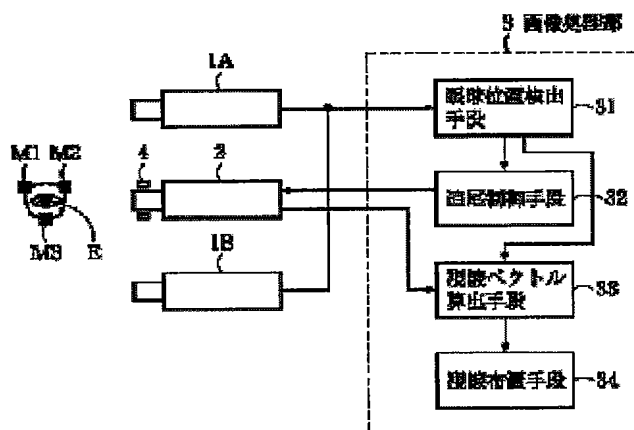
Priority number(s): JP19960226456 19960828

Report a data error here

Abstract of JP10066678

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the burdens to a testee, to substantially mitigate the limit of an operation range and to measure the line of sight with high accuracy.

SOLUTION: A head part is irradiated with infrared ray light, the output of two cameras 1A and 1B for the head part is used and an eyeball position detection means 31 detects the position of an eyeball E from the reflected light of markers M1, M2 and M3. By using the eyeball position, a tracking control means 32 catches the eyeball E by the camera 2 for the eyeball and tracks it. The position of a cornea reflection line and a pupil center are detected from the output of the camera 2 for the eyeball and a line-of-sight vector is obtained by a line-of-sight vector calculation means 33. A line-of-sight placing means 34 spatially places the line-of-sight vector in a desired coordinate system.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-66678

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 3/113			A 6 1 B 3/10	B
G 0 6 F 3/033	3 1 0		G 0 6 F 3/033	3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-226456

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月28日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(71) 出願人 390021751

株式会社ナック

東京都港区西麻布1丁目2番7号

(72) 発明者 吉川 厚

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 政谷 好伸

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小林 将高

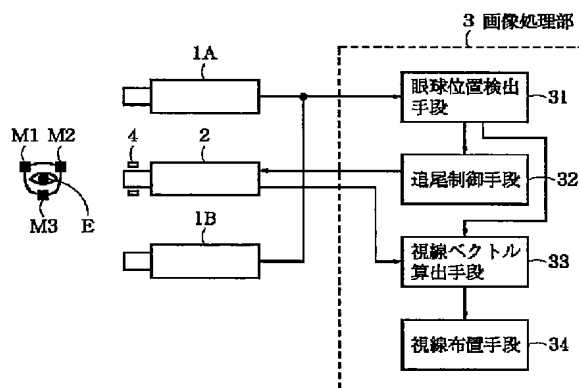
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触視線測定装置

(57) 【要約】

【課題】 被験者の負担を軽くし、動作範囲の制限を大幅に緩和し、かつ高い精度で視線を測定することである。

【解決手段】 赤外光を頭部に照射し、2台の頭部用カメラ1A、1Bの出力を用いて眼球位置検出手段31がマーカM1、M2、M3の反射光から眼球Eの位置を検出し、この眼球位置を用いて追尾制御手段32が眼球用カメラ2で眼球Eを捉えるようにし、かつ追尾させる。眼球用カメラ2の出力から角膜反射線の位置と瞳孔中心を検出し、視線ベクトル算出手段33により視線ベクトルを求める。この視線ベクトルを視線布置手段34が所望の座標系に空間布置する構成を特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の頭部用カメラと高倍率の眼球用カメラを用いた非接触視線測定装置であって、被験者の頭部に当てられた赤外光のうち、頭部につけられた少なくとも 3 個のマーカからの反射光を前記複数の頭部用カメラで捉え、頭部の位置と顔の向いている方向を検出し、眼球位置を検出する眼球位置検出手段と、前記複数の頭部用カメラによって検出された眼球位置に、赤外光を当てる赤外光照射手段と、前記高倍率の眼球用カメラによって眼球だけを捉え、前記頭部用カメラからの情報によって眼球を常に追いかける追尾制御手段と、前記眼球用カメラの出力から角膜反射像の位置と瞳孔中心を検出し、視線ベクトルを求める視線ベクトル算出手段と、前記視線ベクトルを所望の座標系に変換して、視線位置と視線の方向を空間布置する視線布置手段と、を備えたことを特徴とする非接触視線測定装置。

【請求項 2】 赤外線照射手段は、複数の赤外光照射部をカメラレンズの周囲に配置して構成したことを特徴とする請求項 1 記載の非接触視線測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、視線測定装置に関し、特に被験者に負担をかけない簡易な位置マーカのみを用い、かつ、より高い精度で視線が検出可能な非接触視線測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の視線測定装置は、主に被験者の頭部を固定するタイプと被験者の頭部に検出装置をとりつけるタイプであった。これらは、ともに被験者の普段の行動を著しく阻害し、視線測定において被験者に多大な負担をかけていた。また、最近では、被験者の負担を軽減する意味で非接触タイプが作られるようになってきたが、検出装置が被験者に対して遠隔におかれているだけで、測定範囲が極めて限られており、事実上被験者が動けない状態でしか測定できていない。被験者の動きの制約をはずす方法として提案されている、画像処理などを使って顔画像から視線を検出する方法は、画像処理に時間がかかり時間特性が悪いことがあった。また、顔の検出と同じカメラで視線を検出するため、精度がわるいという欠点もあった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 被験者の負担を軽くし、また被験者が机上の作業をするのに十分な範囲を通常の動作速度で動作でき、被験者の負担にならないように、視線を十分高い精度で捉える装置を提供するためには、被験者の眼球位置をかなり正確に把握する方法を提供することが肝要である。

【0004】 また、眼球位置は 3 次元計測からはかるの

であるから、3 次元計測の誤差要因を除去することも同時に必要である。光源が複数ある時には、複数光源からの光の反射が誤差要因となったり、顔につけたマーカや眼球以外に光を反射する眼鏡や皮膚などがある。

【0005】 本発明は上述の点にかんがみ込まれたもので、その目的は被験者の負担を軽くし、また被験者が机上の作業をするのに十分な範囲を通常の動作速度で動作でき、かつ視線を十分高い精度で捉える装置を提供することである。

【0006】 また、机上の操作、特にコンピュータを使った操作などは、モニタ上を見たり机の上を見たりと、視線が複数の任意平面上を移動する。したがって、これらに対して、任意平面上に視線を布置し、何を見ているかを特定できる装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、複数の頭部用カメラと高倍率の眼球用カメラを用いた非接触視線測定装置であって、被験者の頭部に当てられた赤外光のうち、頭部につけられた少なくとも 3 個のマーカからの反射光を前記複数の頭部用カメラでとらえ、頭部の位置と顔の向いている方向を検出し、眼球位置を検出する眼球位置検出手段と、前記複数の頭部用カメラによって検出された眼球位置に、赤外光を当てる赤外光照射手段と、前記高倍率の眼球用カメラによって眼球だけを捉え、前記頭部用カメラからの情報によって眼球を常に追いかける追尾制御手段と、前記眼球用カメラの出力から角膜反射像の位置と瞳孔中心を検出し、視線ベクトルを求める視線ベクトル算出手段と、前記視線ベクトルを所望の座標系に変換して、視線位置と視線の方向を空間布置する視線布置手段とを備えたものである。

【0008】 また、赤外線照射手段は、複数の赤外光照射部をカメラレンズの周囲に配置して構成したものである。

【0009】

【発明の実施の形態】 本発明は、視線の検出をし、非常に高い精度で長時間測定する非接触視線測定装置であって、頭部位置に赤外光を照射し、眼球の周囲につけた赤外光を反射するマーカを複数台の頭部用カメラで感知し、そのマーカの位置を 3 次元計測することによって、位置と傾きを正確に測定する。

【0010】 マーカは測定すべき眼球をマーカの重心におくように少なくとも 3 個布置することにより、高い精度で頭部座標系の中心に眼球が存在すると仮定できる。マーカの位置からその重心を計算し、その重心付近に眼球中心があると仮定して、赤外光を照射し、それに同期して後述する眼球用カメラで追尾する。なお、眼球中心と重心点とのずれを常時計測し、このずれを補正することで、正確に眼球中心位置が設定され、頭部座標系が計算される。

【0011】 次に、3 次元計測された頭部座標系中心に

合わせて、赤外光を照射し、かつそれに同期して前述したように眼球用カメラが追尾する。眼球用カメラは、瞳孔像と角膜反射像を捉え、瞳孔像から瞳孔中心を求め、眼球用カメラの中心に瞳孔がなくとも瞳孔中心の座標を補正する。そして、角膜反射像と、補正された瞳孔中心座標から視線ベクトルを求める。

【0012】前記の手段により正確に検出された視線ベクトルを、あらかじめ設定された任意の平面上に計算によって投影し、その平面上に視線を布置する。この任意の平面上に布置された視線をモデルとして提示する。これにより、観察者はいつでも対象物体のどこを見ているかが直ぐにわかる。

【0013】

【実施例】まず、眼球位置検出方法について述べる。

【0014】図1は、測定すべき眼球Eの周囲にマーカをつけている図である。なお、Hは頭部を示す。M1、M2、M3（以下、区別する必要のないときは、Mを用いる。）は眼鏡フレームに付した3点のマーカの例を示している。これらのマーカMを図2に示してある複数台の頭部用カメラ1A、1Bによって3次元計測し、マーカMの位置を観測する。

【0015】図2では2台の頭部用カメラ1A、1Bを使った場合を示している。頭部用カメラ1A、1BからどのくらいマーカMが離れているか、また向きはどの方向かを頭部用カメラ1A、1Bのマーカ情報を互いに照合し合うことで計算する。これによって、眼球Eの中心のおおよその位置が測定できる。それをX、Y、Z情報で画像処理部3内の頭部位置測定装置（図示せず）で求めている。なお、図中の2は眼球用カメラ、4は赤外光照射手段を示す。

【0016】図3は、頭部位置に赤外光を照射し、頭部HにつけたマーカMから被験者の頭部位置を測定するための頭部用カメラ1A、1Bの配置ならびに赤外光照射手段4の位置の一例を示す図である。8は観測対象で、この例ではモニタとキーボード上としていることを示す。赤外光が頭部用カメラ1A、1Bに直接照射されることを防ぐために、図3のように赤外光照射手段4の部分はカメラのレンズの周囲に配置しておく。

【0017】図4は、上記のことをより詳しく説明したものである。頭部用カメラ1A（1B）の本体のレンズ5に、図3で示された赤外光照射手段4が設けられている。6は偏光板、7は赤外光だけを透過させるバンドパスフィルタである。図4において偏光板6を左右のカメラで90度偏光を傾けておくことにより、図3の観測対象8の左右に設けた赤外光照射手段4からの赤外光により眼鏡フレーム等からの反射によるノイズ光が除去できる。

【0018】つまり、図5（a）のような構成にすると、偏光板6があるため、右側頭部用カメラ1Bではたとえば横方向偏向の光しか照射できないし、また逆に照

射方向と同一の方向に偏光がかかった光しか入射できない。したがって、他の光源によって生じたノイズは入射されないことになる。これが、さらに多い複数光源による場合では、適切なバンドパスフィルタ7を設けるなどして、どの光源からの光を受容するかの識別を行うことがノイズの除去となる。このことを模式的に示したのが図5（b）である。

【0019】頭部位置情報により、眼球Eを捉える眼球用カメラ2が眼球Eを追尾する仕組みを示したのが図6である。32は追尾制御手段を示し、2は奥行き方向調整フォーカス付きの眼球用カメラであり、9は横方向位置調整ミラー、10は縦方向位置調整ミラー、11は光軸、Mはマーカを示している。図6では、例として、X、Yに関してはそれぞれの専用の追尾のためのミラーによる方法で示している。Zに関してはカメラ内部のフォーカス機能によって調整する。これにより、眼球用カメラ2が常に眼球Eを正確なフォーカスで正しく捉えることができる。

【0020】図6をさらに詳しく説明する。まず、図6の構成要素である図7から説明する。図7は、前記の光源とカメラが同期して追尾する手段を示している。23はハーフミラーであり、赤外光照射手段4とによって赤外光を外部に出すのと同時に入射光を眼球用カメラ2に出している。9は被験者の横方向（X）の動きを追尾するための横方向位置調整ミラーであり、10は縦方向（Y）の動きを追尾するための縦方向位置調整ミラーである。21はバンドパスフィルタ、22は眼球撮影レンズである。眼球用カメラ2と赤外光照射手段4はハーフミラー23に対し共役に配置されている。しかも、追尾用各ミラー9、10の後方にあるためユーザの動きにともないミラーが駆動しても常に同一の軌道上に同一の照明条件で赤外光が照射され、かつ撮影可能となる。また、この配置のメリットは撮影領域と照明領域が一致しているため、赤外光の照射範囲が極めて狭い領域に特定できることである。すなわち、赤外光光源の小型化、照射の高密度化が可能であり、このメリットは大きい。

【0021】図8は、本発明の一実施形態の構成を示すブロック図である。図8において、31は眼球位置検出手段で、頭部用カメラ1A、1Bの出力を処理する。32は前述した追尾制御手段で、眼球用カメラ2による眼球Eの追尾制御を行う。33は視線ベクトル算出手段で、眼球用カメラ2の出力を処理する。34は視線布置手段で被験者の視線を表示する。

【0022】次に、図8の実施例の動作を図1～図6を参照し、主として図9のフローチャートにより説明する。なお、図9中の（S1）～（S12）は各ステップを示す。

【0023】眼球位置検出手段31は、マーカMの位置から頭部用カメラ1A、1Bの中心からの距離、頭部Hの向きを求め、これによって眼球Eのおおよその位置を

検出する(S1)。3個のマーカM1～M3の重心を求め、後述する補正を加え(S2)、ここに眼球Eが存在するものとする(S3)。求められた眼球位置から眼球用カメラ2のフォーカスを設定し(S4)、さらに、両位置調整ミラー9、10の設定を追尾制御手段32が行う。これにより眼球用カメラ2は眼球Eを捉え、以後眼球Eを追尾することになる(S5)。

【0024】視線ベクトル算出手段33においては、眼球用カメラ2から得られた映像を処理し、瞳孔像を抽出する(S6)。瞳孔像は、瞳孔以外の映像も多く写っているため、それらの雑音部分を除去し(S7)、その中心位置を計算する(S8)。眼球用カメラ2の追尾の情報のX、Y、Zは頭部用カメラ1A、1Bの中心にあるという仮定であったので、検出された瞳孔中心からこれを修正しX'、Y'、Z'を求める。

【0025】また、同時に眼球用カメラ2によって、角膜反射像を捉え(S9)、瞳孔中心位置と角膜反射像の位置、ならびに、X'、Y'、Z'、それに生理学的見地から眼球径、眼球中心の値を使用して、視線のベクトルを作成する(S10)、(S11)。作成した視線ベクトルをあらかじめ測定しておいた、任意平面に幾何学的な写像を行い、視線として平面上に布置する(S12)。

【0026】図10は、視線布置手段34による視線の布置を説明する図で、机の上にパソコンPCとキーボードKBが置かれており、表示平面としてあらかじめ設定された平面PL1、PL2が用意されている。図10では、被験者の眼球EはキーボードKB上のキーの1つにその視線が向けられている。そこで視線ベクトルと平面PL2との交差点W2を求め、この点W2を表示する。これによって、観察者は被験者がどこを見ているか即時に分かる。

【0027】被験者がパソコンPCのディスプレイを見たときは、このときの視線ベクトルと平面PL1との交差点W1が表示される。このようにして視線ベクトルの空間布置が行われる。

【0028】視線を観察するには、任意の平面に布置させなければならない。その時、被験者に見せる場合と、見せない場合がある。見せる場合は、例えば、図10の平面PL1の場合、モニタ上だけに限定するとモニタに直に視線を表示することが考えられる。平面PL2の場合はレーザーポインタ等で示すことができる。見せない場合は、カメラで任意平面を撮影し、その映像に重畳させることで表示できる。また、モニタのような表示装置の場合は映像を分配して被験者には見えないモニタに重畳するようにしてもよい。

【0029】なお、マーカMの設定はマーカの重心位置に眼球Eがくるように配置するが、これは必ずしも正確でなくてもよく、マーカMの数も3点である必要はなく、3点以上あればよい。ただし、頭部Hの回転を考

ると4点では45度の角度までしか首を傾けることが出来ないが、3点の場合は60度まで可能となる。また、重心位置に眼球Eがなくてもよいが、その場合の補正計算について次に説明する。実際の眼球位置をKとし、マーカの重心をGとした場合、マーカがM1～M3の3点の場合、補正以前は

$K=G$

であったのを、

【0030】

10 【数1】

$$K = \frac{P1 \cdot P3}{|P1 \cdot P3|} E_x + \frac{P2 \cdot PG}{|P2 \cdot PG|} E_y$$

で補正できる。ただし、P1、P2、P3は3次元計測で求めた点のベクトルとし、PGは重心のベクトルとする。Ex、Eyはそれぞれ水平方向、垂直方向の補正值で、眼球Eの中心の幾何寸法である。この補正值は、眼鏡フレームが大きく動かないと仮定すると、画像処理で眼球Eの全景を求めてその重心Gを捉えてもよいし、装置作動の初期において眼球Eの位置を捉えている眼球用カメラ2の映像を見て決めてもよい。これにより、かなり正確に眼球Eを追いかける基礎ができる。

【0031】

【発明の効果】以上のように、本発明は簡単なマーカを眼球付近に着け、それに被験者の行動に影響をおよぼさない赤外光を照射し、マーカからの反射を所望の光源からのみの反射光に限定して検出することで、高い精度でマーカ位置が検出できる。たとえば、本発明を適用しない場合は室内のいろいろな照明装置のノイズとマーカ位置や角膜反射像の分離が困難であり、それに伴い精度がかなり落ちる。また、精度を犠牲にしても計算時間が膨大にかかりリアルタイムの測定には使用できない。

【0032】また、赤外光のみを使用し、可視光を用いないことで、画像処理が早くなり、カメラのサンプル周波数以内に十分検出可能であり、それにしたがって、被験者の動きに追従することも正確に行える。

【0033】また、高倍率の眼球用カメラによって眼球のみを撮影しているため、かなり高精度で視線ベクトルを検出できる。条件がそろえば視野角にして0.3度以内の精度測定が可能である。しかも、被験者は簡単なマーカを3個以上つけるだけで他の拘束は一切しない。

【0034】また、視線を任意の座標に布置できることから、たとえば、机上においた計算機環境を操作するときの視線を測定する場合でも、モニタ上の視線だけでなく、キーボードの視線やその他の物体上の視線を捉えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明において検出対象となる眼球の周囲につける頭部検出用マーカの一例を示した図である。

【図2】本発明における頭部検出の動作原理の概要を示した図である。

【図3】本発明における頭部検出用の赤外光の照射位置と頭部用カメラの配置の例を示した図である。

【図4】本発明における頭部用カメラの赤外光照射手段の取り付け位置とバンドパスフィルタ、偏光板の取り付け位置を示した図である。

【図5】本発明における複数光源によるノイズの除去を示した図である。

【図6】本発明における眼球位置を眼球用カメラで追尾する動作原理を示した図である。

【図7】図6の詳細説明のための説明補助図である。

【図8】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図9】図8の実施例の動作を説明するためのフローチャートである。

【図10】本発明における視線を任意の平面に布置する仕組みを示した図である。

【符号の説明】

M1～M3 マーカ

E 眼球

H 頭部

P C パソコン

K B キーボード

P L 1, P L 2 平面

W 1, W 2 視線ベクトルと平面との交差点

1 A, 1 B 頭部用カメラ

2 眼球用カメラ

2 1 バンドパスフィルタ

2 2 眼球撮影レンズ

2 3 ハーフミラー

3 画像処理部

3 1 眼球位置検出手段

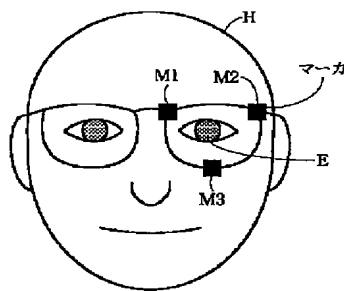
3 2 追尾制御手段

3 3 視線ベクトル算出手段

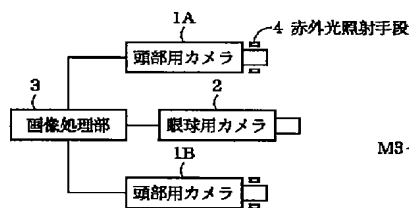
3 4 視線布置手段

4 赤外光照射手段

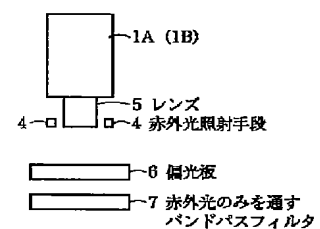
【図1】



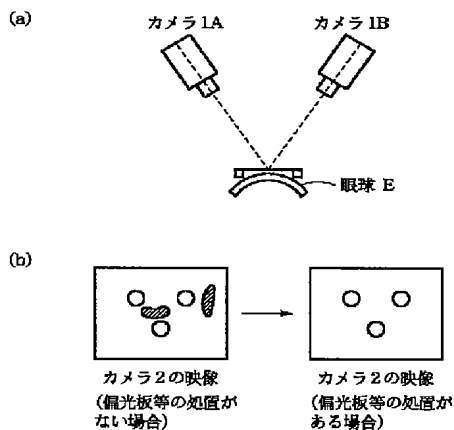
【図2】



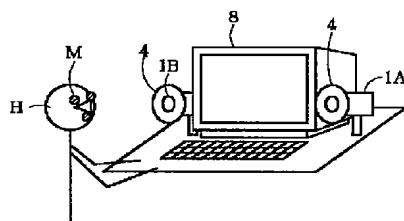
【図4】



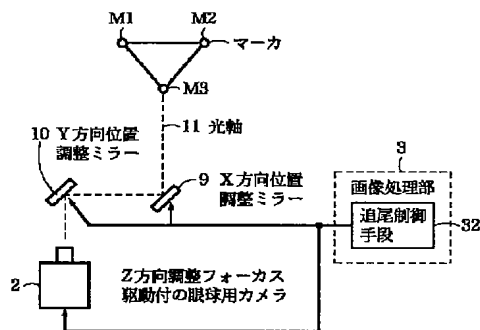
【図5】



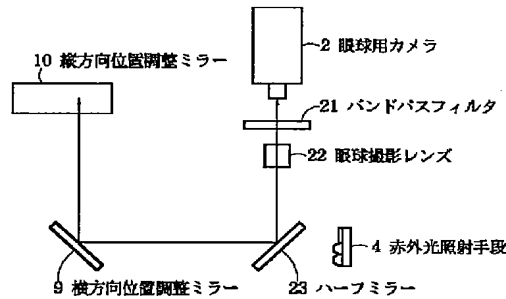
【図3】



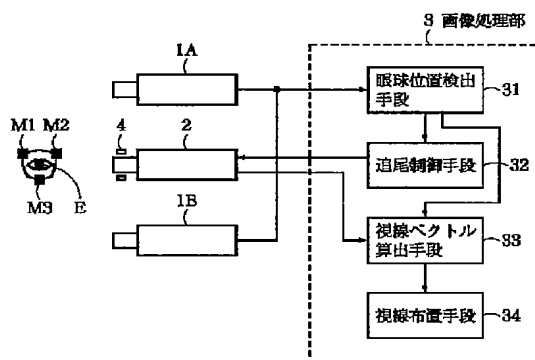
【図6】



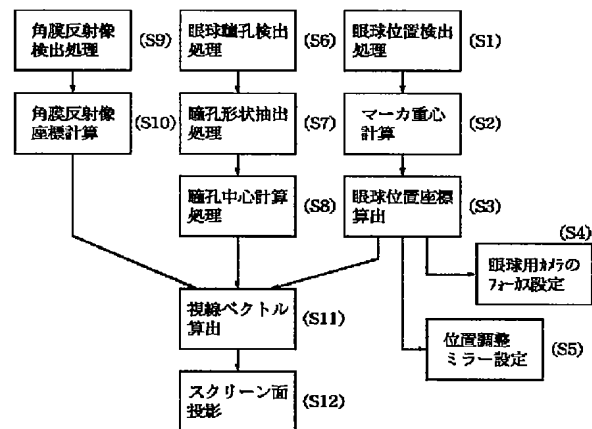
【図7】



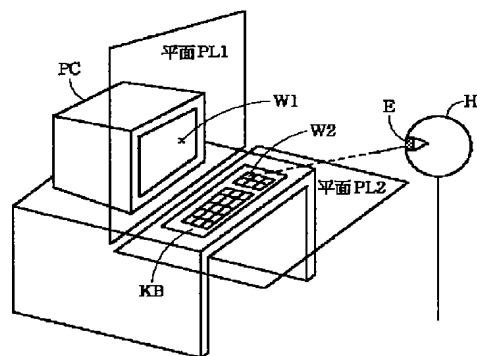
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 館 隆司
東京都港区西麻布一丁目2番7号 株式会
社ナック内

(72)発明者 水野 重智
東京都港区西麻布一丁目2番7号 株式会
社ナック内